

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

J1040 U.S. PTO  
09/942627  
08/31/R1

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 9月29日

出願番号

Application Number:

特願2000-300660

出願人

Applicant(s):

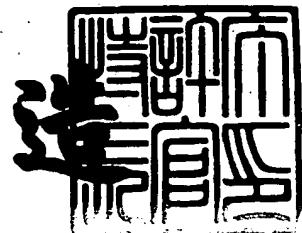
株式会社東芝

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 4月27日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕



出願人履歴情報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
氏 名 株式会社東芝

【書類名】 特許願

【整理番号】 12800401

【提出日】 平成12年 9月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/00

【発明の名称】 ヨーク型磁気再生ヘッドおよびその製造方法ならびに磁気ディスク装置

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝 研究開発センター内

【氏名】 大沢 裕一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝 研究開発センター内

【氏名】 舟田 博明

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝 研究開発センター内

【氏名】 原 通子

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝 研究開発センター内

【氏名】 橋本 進

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

▼【代理人】

【識別番号】 100064285

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 一 雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100088889

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100096921

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 元 弘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004444

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ヨーク型磁気再生ヘッドおよびその製造方法ならびに磁気ディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

膜面内に磁化を有する感磁層を備え、膜面に対して垂直方向にセンス電流を流す面内垂直通電型の磁気抵抗効果膜を形成し、素子形状にパターニングする工程と、

素子形状にパターニングされた磁気抵抗効果膜を覆う磁気ヨークを形成する工程と、

を備えたことを特徴とするヨーク型磁気ヘッドの製造方法。

【請求項2】

前記磁気ヨークを形成する前に、素子形状にパターニングされた前記磁気抵抗効果膜上を覆う非磁性膜を形成し、この非磁性膜をパターニングして前記磁気抵抗効果膜上に磁気ギャップを形成する工程を備えたことを特徴とする請求項1記載のヨーク型磁気ヘッドの製造方法。

【請求項3】

前記磁気ヨークを形成する前に、素子形状にパターニングされた前記磁気抵抗効果膜を非磁性膜で覆って凸部を形成する工程を備え、

前記磁気ヨークを形成する工程は、前記凸部を磁性膜で覆い、前記凸部上の前記磁性膜に磁気ギャップを形成することを特徴とする請求項1記載のヨーク型磁気ヘッドの製造方法。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれかに記載の製造方法によって製造されたヨーク型磁気ヘッド。

【請求項5】

請求項4記載のヨーク型磁気ヘッドを再生磁気ヘッドとして搭載したことを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【産業上の利用分野】

本発明は、ヨーク型磁気再生ヘッドおよびその製造方法ならびに磁気ディスク装置に関する。

## 【0002】

## 【従来技術】

近年、ハードディスクドライブ装置における磁気記録密度は急激に上昇し、それに伴い、要求される単位トラック幅当たりの再生出力も急激に上昇している。磁気記録密度が1インチ平方当たり100Gビット(100Gbpsi)の時代には、トラック幅あたりの再生出力は10mV以上ときわめて高くなることが予想される。この高出力要求に対して、TMR(Tunneling Magneto-Resistance)素子や面内垂直通電型GMR(Giant Magneto-Resistance)素子(以下、CPP-GMR素子とも言う)など膜積層界面に垂直にセンス電流を流す磁気抵抗効果素子が提案されている。

## 【0003】

しかし、磁気抵抗効果素子の抵抗変化率を上昇させても、そのヘッド出力を決定する磁気効率に影響を及ぼすデプス(媒体面から磁気抵抗効果素子の媒体対向面と反対側の面までの距離)方向の制御は機械的研磨加工によらなければならぬ。ウエハー工程終了後、バー状態に切断加工し、バーを90度回転させて精度よくジグに張り付け、さらに荒研磨、微細研磨をして所定のデプス(深さ)に納めるプロセスが必要となる。研磨加工終点を検出する方法として電気抵抗の変化を読みとる方法も提案・実施されているがその加工精度は、その前段階のバー切断、荒研磨、バーの反りなどの影響を受け、一つのバーのデプスを50nm程度の公差に押さえるのは厳密な制御が要求される。この工程の歩留まり管理が年々厳しくなっている。

## 【0004】

このデプス管理を薄膜工程で行う水平型磁気ヘッドも提案されている(米国特許第5208716号公報参照)。この水平型磁気ヘッドはウエハー工程で膜厚方向をデプス方向としてトラック幅はフォトリソグラフィーで形成する方法である。この磁気ヘッド構造ではデプスを厳密に規定できること。また、バー切断後、90度

バーを回転させて張り付け、研磨する工程が不要になること。さらに、メディアとの浮上もしくは接触面の加工が連続的にウエハー上で行えコスト的に有利になるなどの利点がある。

## 【0005】

しかし、トラック幅が小さくなり媒体に蓄えられるエネルギーが小さくなるということは、そこから発生する磁束量も小さくなる。その結果、極めて小さな磁路でしか十分な磁束を供給できなくなる。磁気抵抗効果素子において、抵抗変化に寄与する領域は信号磁束が通る領域である。他の部分は無駄な電流路となり磁気抵抗効果素子のS/Nを劣化させる。したがって、磁気抵抗効果素子における通電領域は信号磁束が通る領域程度に制限されるべきである。しかし、磁気抵抗効果素子サイズが $0.1\text{--}0.2 \mu\text{m}$ 程度になると再生読み取りギャップと磁気抵抗効果素子との位置あわせに問題を生じ、歩留まり劣化の原因となる。これを回避する技術が特開平10-83522号公報に開示されている。この技術において、磁気抵抗効果素子は薄膜工程上その上に形成される磁気ギャップをマスクにパターニングされ、その結果、磁気ギャップと磁気抵抗効果素子がセルフアライメントした形状に加工される。

## 【0006】

一方、膜積層界面に垂直にセンス電流を流すため高抵抗変化が期待できるTMR素子やCPP-GMR素子においてはヨーク面に垂直に通電するためそのセンス電流磁界がヨーク面内に誘起され、その結果ヨークのバイアス設計は複雑となる。このため、図26に示すように、電極2および面内垂直通電型磁気抵抗効果膜4ならびに電極8を有する磁気抵抗効果素子と、磁気ギャップを有する磁気ヨーク12とを備えた磁気ヘッドにおいては、電極2、CPP-MR膜4、電極8と流れてくるセンス電流が磁気ヨーク12とずれないと、誘起される電流磁界は磁気ギャップに対して対称でなくなり、その結果、ヨークバイアス設計が崩れ、場合によっては磁区の発生によるバルクハウゼンノイズが発生したりする。面内通電である磁気抵抗効果素子では問題にならない、一対のヨークと磁気抵抗効果素子との位置関係は、こと垂直通電を特徴とする磁気抵抗効果素子では厳密でなければならぬ。

## 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

再生出力を確保するには磁路長を短くするなどの高効率設計にする必要がある。その目的では磁路長を基本的に膜厚で規定できる水平型ヘッドが適している。しかし、記録密度が100Gbpsiを超えて、トラック幅が $0.1\mu m$ 程度になってくると磁気抵抗効果素子のサイズも同程度に小さくする必要が生じ、磁気ギャップと磁気抵抗効果素子との位置ずれの問題が発生する。これは歩留まり低下の原因となり得る。その回避方法の一例は特開平10-83522号公報に開示されているが、近年の電子線描画を含めたリソグラフィー技術は、このような歩留まり低下を防ぐ精度を持つにいたっている。

## 【0008】

一方、面内垂直通電が特徴である高感度磁気抵抗効果素子の場合には、センス電流中心とヨーク位置との関係がより重要となる。すなわち面内垂直通電型磁気抵抗効果素子と一対のヨークは等距離に配置される必要がある。その位置ずれはセンス電流磁界の不均一をヨークに生み出しバルクハウゼンノイズなどを引き起こす原因となる。

## 【0009】

本発明は、上記事情を考慮してなされたものであって、歩留まりの低下およびバルクハウゼンノイズの発生を可及的に防止することのできるヨーク型磁気ヘッドおよびその製造方法ならびに磁気ディスク装置を提供することを目的とする。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

本発明によるヨーク型磁気ヘッドは、膜面内に磁化を有する感磁層を備え、膜面に対して垂直方向にセンス電流を流す面内垂直通電型の磁気抵抗効果膜を形成し、素子形状にパターニングする工程と、素子形状にパターニングされた磁気抵抗効果膜を覆う磁気ヨークを形成する工程と、を備えたことを特徴とする。

## 【0011】

なお、前記磁気ヨークを形成する前に、素子形状にパターニングされた前記磁気抵抗効果膜上を覆う非磁性膜を形成し、この非磁性膜をパターニングして前記

・磁気抵抗効果膜上に磁気ギャップを形成する工程を備えるように構成しても良い。

#### 【0012】

なお、前記磁気ヨークを形成する前に、素子形状にパターニングされた前記磁気抵抗効果膜を非磁性膜で覆って凸部を形成する工程を備え、前記磁気ヨークを形成する工程は、前記凸部を磁性膜で覆い、前記凸部上の前記磁性膜に磁気ギャップを形成するように構成しても良い。

#### 【0013】

このように構成されたヨーク型磁気ヘッドにおいては、磁気抵抗効果素子と磁気ヨークとが自己整合的に形成されることにより、磁気抵抗効果素子と磁気ヨークおよび磁気ギャップとの位置ずれを防止することが可能となるとともに、さらにセンス電流中心に対する最近接磁気ヨーク位置がほぼ等距離となり、センス電流により誘起される電流磁界が磁気抵抗効果素子回りに対称となる。これにより、磁気ヨークへの磁区発生を抑制しバルクハウゼンノイズを抑制できる。また、歩留まりの低下を可及的に防止することができる。

#### 【0014】

また、本発明のヨーク型磁気ヘッドは、上記製造方法によって製造されたことを特徴とする。

#### 【0015】

また、本発明の磁気ディスク装置は、上記ヨーク型磁気ヘッドを再生磁気ヘッドとして搭載したことを特徴とする。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

#### 【0017】

##### (第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態の構成を図1に示す。この実施形態はヨーク型磁気ヘッドであって、電極2および面内垂直通電型磁気抵抗効果膜4および電極を有する面内垂直通電型磁気抵抗効果素子と、磁気ギャップを有する磁気ヨーク12と

へを備えている。なお、符号90は磁気媒体を示す。

#### 【0018】

この実施形態のヨーク型磁気ヘッドにおいては、上記磁気抵抗効果素子と磁気ヨーク12との位置関係は、上記磁気抵抗効果素子の膜面に垂直にセンス電流が通電される領域のセンス電流中心に対して最近接磁気ヨーク12の位置がほぼ等距離に配置された構成となっている。この構成は、磁気ヨーク12の媒体対向面と反対側の面に設けられた凹部に磁気抵抗効果素子が自己整合的に埋め込むことによって可能となる。また、磁気抵抗効果素子を磁気ヨーク12が自己整合的に覆うように形成することによっても可能となる。

このように構成したことにより、センス電流による磁界が磁気ヨーク12に及ぼす影響が均一となり、バルクハウゼンノイズの発生を可及的に防止することができる。また、磁気抵抗効果素子と磁気ヨーク12とが自己整合的に形成されることにより、歩留まりの低下を可及的に防止することができる。

#### 【0019】

##### (第2の実施形態)

次に、本発明の第2の実施形態を図3乃至図6を参照して説明する。この第2の実施形態は、ヨーク型磁気ヘッドの製造方法であって、その製造工程を図3乃至図6に示す。まず、Si基板(図示せず)上に、例えばCuからなる膜を50nm形成し、このCu膜上に例えばTaからなる膜を10nmを形成し、電極膜2とする(図2(a)参照)。続いて、電極膜2上に、面内垂直通電型磁気抵抗効果膜4(以下、CPP-MR膜4とも言う)を形成する(図2(a)参照)。これらの成膜は真空中で連続的に行なうことが好ましい。なお、CPP-MR膜4は、複数層が積層された構造を有しており、例えば最下層が膜厚が1nmのCoFe層で、膜厚が1nmのCu層、膜厚が1nmのCoFe層、膜厚が1nmのCu層、膜厚が1nmのCoFe層、膜厚が7nmのCu層、膜厚が1nmのCoFe層、膜厚が1nmのCu層、膜厚が1nmのCoFe層、膜厚が15nmのPtMn層を順次積層した構成となっている。また、CPP-MR膜4はTMR膜でも良い。

なお、CPP-MR膜4が真空を破らずに連続で成膜される場合には、電極膜2の表面上に酸化層が形成される心配がないが、電極膜2の形成後、一度大気中に出す

場合にはCPP-MR膜4を形成前に電極膜2の表面を数ナノメートルだけスパッタクリーニングする必要がある。そうでないとCPP-GMR膜4においてはセンス電流が直径 $0.1\mu m$ 程度の領域に集中して流れるため接触抵抗が増加してしまい磁気抵抗効果素子のS/N比を劣化させてしまう可能性がある。

## 【0020】

しかしながら、過度のスパッタクリーニングは表面あれを誘起しその結果、磁気抵抗効果特性を劣化させてしまう。そのため $2-5 nm$ のスパッタクリーニングが望ましい。本実施形態においては、膜厚が $10nm$ のTa膜を形成し、 $3nm$ のスパッタクリーニングを行った。なお、スパッタクリーニング後の表面は表面粗さ $R_{max}$ が $4nm$ 未満であることがCPP-MR素子の特性上望ましいため、電極膜2の形成後でかつスパッタクリーニング前にCMP(Chemical Mechanical Polishing)などかけて表面を平滑化することが望ましい。この平滑化は、電極最上層のTa膜に対して行っても、Cu層に対して平滑化を行いその後、Ta層を形成しても良い。しかし、材料の柔らかさによるスクラッチの入りやすさを考慮するとTa膜表面に対して行なうことが望ましい。CMPはウエハー全面同一材料で行われるように成膜直後に行なうことが望ましい。

## 【0021】

次に、CPP-MR膜4上に、フォトレジストを塗布し、パターニングすることにより、X方向 $0.15\mu m$ 、Y方向 $0.4\mu m$ の立方体形状のレジストパターン5を形成する（図2（b）参照）。このレジストパターン5をマスクに、CPP-MR膜4をイオンミリングしてレジストパターン5とほぼ同形状のCPP-MR膜4を得る（図2（c）参照）。この場合、CPP-MR膜4の最下層の膜（例えばCoFe膜）と電極2の表面のTa膜との界面をエンドポイントディテクション（EPD）界面として使用した。EPD界面としてはSIMS(Secondary Ion Mass Spectroscopy)を用いた。CPP-MR膜4はイオンミリングを用いてパターニングする必要がある。更に、CPP-MR膜4の膜厚は面内通電型磁気抵抗効果膜（以下、CIP-MR膜とも言う）に比べておよそ $10nm$ 程度以上厚いことと、シールド型ヘッドにおいてはオーバーミリングがアルミナギャップに対して行われるが、CPP-MR膜4においてはTa膜など電極表面に対して行われるため、ミリングレートの違いから電極2の表面のオーバーミリング

量が多くなる可能性がある。したがってSIMSや光学的手法を使用したEPD界面を採用したミリング装置を使用することが望ましい。電極2の表面のTa膜の膜厚は、前述のスパッタクリーニング分が2nm以上、オーバーミリング分3nmを見越して5nm以上、電極2の表面に形成しておくことが望ましい。CPP-MR膜4の下地と兼用する場合はCPP-MR膜4のTaからなる下地膜の膜厚をZ1ナノメートル、CP後の電極2の表面のTa膜の膜厚をZ2ナノメートルとすると、 $Z1+Z2 > 5$ ナノメートルとなるように設計されることが望ましい。また、このパターニングはCPP-MR膜4のフリー層上面で止めるとメリットが発生する。このようにすることでフリー層に加わるセンス電流磁界の影響を減少させることができる。この場合、Cu/C<sub>o</sub>Fe界面がEPDの検出界面となる。また、イオンミリングはフリー層へのArイオン打ち込みのダメージ影響を少なくする目的で300eV以下であることや弾性散乱Arによるえぐれを抑え、なだらかな角度にミリングが行われるように10度以上の傾斜角度をもってイオンを入射させることが望ましい。また、パターニングされたフリー層断面はフラットが望ましいが、緩やかなテーパーを有していてもかまわない。傾斜が緩やかであることでその上に形成されるアルミナ等の絶縁膜6（図2（c）参照）の膜質は全面的に良質になる利点があり、CPP-MR膜4上に形成される後述の上電極との絶縁が良好になる。

### 【0022】

次に、図2（c）に示すように、全面に例えばアルミナからなる絶縁膜6をCPP-MR膜4とほぼ同じ厚さで形成し、その後、レジストパターン5を除去、すなわちリフトオフする（図2（c）参照）。すると、図2（d）に示すように、CPP-MR膜4の上面を除いて全面が絶縁膜6によって覆われる。

### 【0023】

なお、この絶縁膜6の膜厚は薄すぎるとCPP-MR膜4上に形成される後述の上電極と、下電極2との間の絶縁が不確実となってしまうが、厚すぎるとセンス電流磁界の影響が出てしまうため可能な限り薄い設定（できればCPP-MR膜4の膜厚よりも薄いこと）が望ましい。また、薄膜で確実な膜質を得るために絶縁膜6に下地を入れてもかまわない。例えばTaからなる一層の金属下地を導入することで上述のなだらかなテーパーをもったフリー層の上層が同一金属になるため絶縁膜6

の信頼性が向上する。また、絶縁膜6がエッティング深さよりも薄い場合は上電極を流れるセンス電流はCPP-MR膜4を流れるセンス電流と上下で向きが逆の成分を有する。そうすることで、センス電流によるCPP-MR膜4の面内方向の誘起磁界を低減することができる。すなわち、図23に示すように、上向き電流*i<sub>u</sub>*により誘起される磁界H<sub>u</sub>と、下向き電流*i<sub>d</sub>*により誘起される磁界H<sub>d</sub>とは、お互いに逆向きになりキャンセルされる。したがって、CPP-MR膜4の膜厚(=t<sub>1</sub>+t<sub>2</sub>)のうち、膜厚t<sub>1</sub>に相当する部分から発生する電流磁界をキャンセルできる。なお、膜厚t<sub>2</sub>に相当する部分から発生する電流磁界は残る。

#### 【0024】

またCPP-MR膜4のフリー層上に縦バイアス印加用の硬質磁性膜もしくは反強磁性膜をまず成膜しその上にアルミナからなる絶縁膜6を積層することでCPP-MR膜4へのバイアスおよび上電極との絶縁の両立を図ることも可能である。また前述の縦バイアス膜下に下地膜を使用することは、同一材料の表面を作り出す上で重要である。

#### 【0025】

次に、図3(a)に示すように、絶縁膜6上に例えばCuからなる膜厚が20nmの電極膜8を形成する。この電極膜8が上電極となる。この電極膜8はCPP-MR膜4との微小エリアでのコンタクト抵抗を減らすため、電極膜8の成膜に先立ち、CPP-MR膜4にスパッタクリーニングを十分に行う必要がある。CPP-MR膜4の保護膜がTaの場合には約2nm以上のTa保護膜のスパッタエッティングを行うことでTa表面の酸化層を除去できる。また、コンタクト抵抗を減らすため、もともと酸化層が形成されにくいAu,PtなどをCPP-MR膜4の最上層に使用することが望ましい。もしくはフォトレジストとのなじみを良好にするためTa膜を介在させて、その後の上電極成膜前のスパッタエッティングで除去しても同様な効果がある。

#### 【0026】

次に、CPP-MR膜4および絶縁膜6上に、幅(Y方向の長さ)が約0.2μmのフォトレジストからなるレジストパターン9を形成し、このレジストパターン9をマスクに電極膜8、CPP-MR膜4、電極膜2をパターニングし、ストライプ状の磁気抵抗効果素子を形成する(図3(b)、(c)参照)。図3(c)において、

・磁気抵抗効果素子に供給されるセンス電流が積層された電極2、8でそれぞれ別方向に流れているのはそれぞれのセンス電流が作り出す電流磁界を互いに打ち消しあう目的である。それによりセンス電流がもたらす電流磁界の影響をキャンセルできる。この磁気抵抗効果素子を、図3(c)中に破線で示す平面Pで切断したときの矢印方向からみた断面を図4(a)に示す。

#### 【0027】

次に、図4(b)に示すように、電極2、CPP-MR膜4、電極8からなる磁気抵抗効果素子上に、例えばSiからなる膜厚が20nmのギャップ膜10を形成する。さらにこのギャップ膜10上に例えばパーマロイからなり磁気ヨークとなる膜厚が200nmの磁性膜12を形成し、デブス(磁気ヨーク12の媒体対向面までの距離)が50nmとなるまで、磁性膜12の平坦化を行う(図4(c)参照)。

#### 【0028】

次に、図4(d)に示すように、FIB(Focused Ion Beam)を用いて、磁性膜(磁気ヨーク膜)12に磁気ギャップ14を形成する。なお、磁気ギャップ14の形成の際に、加速電圧が大きくなるほど細くエッチングできる一方Gaイオンのドープも深くなる。たとえば、加速電圧30KeVでは約20nmの深さまでGaイオンがドープされることが報告されている。この深さにCPP-MR膜4が存在すると磁気抵抗効果特性を劣化させる原因となる。したがって、磁気ヨーク膜12の下にCPP-MR膜4がある場合は、磁気ヨーク膜12とCPP-MR膜4との間にはFIBオーバーエッティング深さ+20nm以上の間隔があることが望ましい。

#### 【0029】

また、FIBのビームプロファイルの関係から磁気ヨーク12の表面は磁気ギャップ14の形状が丸まってしまうことがある。シャープな磁気ギャップ形状を形成するために、図5(a)に示すように、磁気ヨーク12の最表面を別材料の膜13であらかじめコーティングしておき、FIBによりギャップ形成後(図5(b)、図5(c)参照)、そのコーティング材の膜13を除去することは効果がある(図5(d)、図5(e)参照)。なお、例えば、コーティング材はNbでFIB後フレオノン系のガスにてRIE(Reactive Ion Etching)やCDE(Chemical Dry Etching)で除去することができる。また、 $\text{SiO}_2$ などの材料でコーティングすることも

可能であるが、最表面を金属にすることでビームを細く絞ることができる。この場合、金属膜をイオンミリングやRIEで除去し、 $\text{SiO}_2$ 膜をRIEで除去することができる。コーティング材がない場合、FIBによるギャップ形成は単純にGaや不活性ガスによるエッティングの方が、ヨウ素などのガスを加工領域近傍に設置されたノズルから供給しながらエッティングするいわゆるガスアシストされたFIBエッティングよりもシャープなエッジが形成される。ケミカルなアシストガスを添加すると加工速度は速くなるが磁気ギャップ14のパターニング形状が広角になってしまい、磁気ギャップの性能を発揮する上で好ましくない。しかし、ある種のマスクはアシストガスに不揮発なので、そのようなコーティング材を使用した場合、加工速度が上がり磁気ギャップ14の加工形状がシャープになる。コーティング材として、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , Si等で効果がある。

#### 【0030】

次に、図6(a)に示すように、磁気ヨーク12にFIBで形成したギャップに例えば $\text{SiO}_2$ のようなギャップ充填材16を埋め込む。たとえば、イオンビームスパッタリング(IBS)法やカソ-ディックアーク法のような指向性の良好な方法で埋め込むことが望ましい。しかしながら、図6(b)に示すように、この充填は最終的に媒体走行面において充填されていれば良く、FIB加工最終端まで充填されていなくてFIB加工最終端に空孔17が形成されても目的を達成することはできる。このため、特殊な成膜装置をこの目的のみに用意しなくともよいのでギャップ充填工程のコスト低下や良品判定のレベルを下げることが可能となり、歩留まりを上げることができる。

#### 【0031】

次に、図6(c)に示すように、ギャップ充填材の膜16が形成された表面をCMPやエッチバックなどにより平坦化して、磁気ヨーク12の表面を出す。このとき磁気ヨーク12の表面よりもオーバーに平坦化工程をかけてFIBギャップ加工による表面丸まり部分を研磨除去することもできる。また磁気ヨーク膜12の膜厚を制御することでCPP-MR膜4へ流入する磁束量を制御することができる。

#### 【0032】

このようにすることで垂直通電領域、すなわち図4(d)に示す破線矢印領域

から最近接ヨーク1 2までの距離L1およびL2が等距離となり、センス電流による磁界の影響を等しくすることが可能となり、バルクハウゼンノイズの発生を可及的に防止することができる。また、磁気抵抗効果素子と磁気ヨーク1 2とが自己整合的に形成されることにより、歩留まりの低下を可及的に防止することができる。

#### 【0033】

最後に、トラック幅を規定するための加工をイオンミリングを用いて行う。この加工後の媒体走行面からの平面図を図6 (d) に、また図6 (d) に示す切断線A-Bで切斷した断面を図6 (e) に示す。トラック幅加工のイオンミリングは、フォト工程でトラック幅を規定して、イオンミリングを約50度（基板に垂直な角度を0度とする）の角度で入射させて行い、図6 (f) に示すように約50-60度のテーバー角度 $\alpha$ 1、 $\alpha$ 2（垂直：0度）をトラック幅エッジに持たせる。このような形状に加工することで再生フリンジングと磁気ヨーク1 2への磁区発生を抑制することができる。

#### 【0034】

##### (第3の実施形態)

上記第2の実施形態においては、先にヨーク膜1 2を形成してFIBで磁気ギャップ1 4を形成した。しかし、先に磁気ギャップをパターニングで形成し、次に磁気ヨークを成膜して最後にCMP等の平坦化手段を用いて磁気ギャップを形成する製造方法もある。この製造方法を第3の実施形態として以下に説明する。

#### 【0035】

図7に本発明の第3の実施形態の製造工程を示す。図7 (a) に示すように、電極膜2、CPP-MR膜4、電極膜8からなる磁気抵抗効果素子上に、例えばSiからなる膜厚が70nmのギャップ膜10を形成する。このギャップ膜10上にEB(Electron Beam)レジストを塗布しEB露光装置を用いて30nm幅のレジストパターン19を形成する(図7 (b) 参照)。続いて図7 (b) に示すように、フレオン系ガスを用いたRIEを用いてレジストパターン19をマスクにギャップ膜10を約60nmエッチングし、ギャップ膜10からなるギャップ形成部10bを形成する。このとき、図7 (c) に示すように、エッチング条件を変えてギャップ形成部

10bの上2/3を80-90度(略垂直)に、下1/3を略45度のテーパー角になるように形成する。このようにギャップ形成部10bの上下でテーパー角を変えることは2つのメリットがある。1つは上方が略垂直であるため磁気ヨーク12の成膜後のCMPなどによる平坦化工程で、平坦化の分布やばらつきがギャップ幅のばらつきを生じさせないこと、2つ目は下方のテーパー部により直角の場合に比べて磁気ヨーク12の成膜による膜の埋めこみ特性が良好になることである。なお、図7(c)においては、ギャップ膜10は下層に例えばSiO<sub>2</sub>からなるエッチングエンドポイント層10cを設けた構成が示されている。エッチングエンドポイント層10cを設けてRIEストッパーとすることで精度良いギャップ形成部10bの形成ができる。2段のテーパー角に制御するひとつの形成方法としてRIEによる垂直エッチングの後イオンミリングにより例えば45度がらイオンビームを入射することで形成することが可能である。また、ギャップ加工後その幅が予定していた幅よりも広い場合、もしくはEB加工限界以下にギャップ幅を規定したい場合、いったんギャップを加工した後、イオンビームを60-70度(基板垂直:0度とする)で入射させることでギャップを狭く調整することができる。イオンビームの入射によりギャップ材の結晶性は破壊されるが、ギャップとしての機能は十分に果たすことができる。イオンビームの入射角度が10度程度と小さいと、ギャップで弹性散乱されたAr粒子によるギャップ近傍のえぐれが起こり、30-40度では垂直方向のエッチングレートが大きいためオーバーエッチングの問題が発生する可能性があり、また、80度程度に大きな角度で入射すると底面で弹性散乱されたArイオンの影響でギャップがえぐれてしまう可能性がある。

### 【0036】

次に、ギャップ膜10およびギャップ形成部10bを覆うように磁気ヨーク膜12を成膜する(図7(d)参照)。磁気ヨーク膜12はNiFe合金膜をイオンビームスパッタ法を用いて形成した。成膜前の基板クリーニングはイオンビーム照射により行った。RF(Radio Frequency)スパッタクリーニングでエッチングを行う場合、ギャップ形成部10bの先端が高温になりやすく、熱応力によりクラックの発生もあり得るため1W/cm<sup>2</sup>以下の低パワーで行うことが望ましい。成膜はイオンビームスパッタ法を用いることでスパッタされた粒子の基板垂直方向の指

・向性が良好となり、ギャップ回りの磁気ヨーク膜12の膜質が良好となる。磁気ヨーク12の形成方法はイオンビームスパッタ法のみならず、基板垂直方向指向性を向上させたスパッタ方法（たとえばロングスロータイプスパッタ）、カソーディック・アーク法や入射粒子の指向性が問題とならないメッキ法でも形成できる。磁気ヨーク膜12の下地に非磁性膜を適用する場合、ギャップ長はエッチングで形成されたギャップ形成部10bおよびギャップ形成部10bの両脇に形成される磁気ヨーク膜12の非磁性下地層との和となる。したがって、ギャップ幅はギャップ形成部10bの脇に形成される磁気ヨークの非磁性下地膜の膜厚も考慮して形成しておくことでより厳密なギャップ長コントロールができる。またもし、ギャップ幅が予定よりも狭く（広く）形成されたとき、磁気ヨーク膜12の非磁性下地膜で厚く（薄く）を形成することで調整が可能となる。また、一方、この下地膜厚が不必要である場合、CoZrNbなどの非晶質磁性膜を下地膜として適用することでエッチングされたギャップ幅=ギャップ長とすることができる。また、前記CoZrNb非晶質膜そのものをヨーク膜に適用することもできる。

#### 【0037】

次に、図7(e)に示すように、磁気ヨーク膜12の表面をCMPなどを用いてギャップ形成部10bによる突起部分を平坦化する。

#### 【0038】

最後に、トラック幅を加工して図6(d)、図6(e)に示す形状となる。また、フリンジングへの影響を考慮すると、図6(f)に示すように磁気ヨーク12の表面で急で角度 $\alpha_1$ 、下層に行くに従いなだらかな角度 $\alpha_2$ 、すなわち $\alpha_1 > \alpha_2$ の関係にあることが望ましい。例えば、 $\alpha_1=30$ 度、 $\alpha_2=50$ 度（平均で40度）であることが好ましい。なお、角度は基板垂直方向を0度とする。

#### 【0039】

この第3の実施形態の製造方法も第2の実施形態と同様に、歩留まりの低下およびバルクハウゼンノイズの発生を可及的に防止することができる。

#### 【0040】

##### (第4の実施形態)

第2および第3の実施形態においては、素子の幅が $0.1\mu m$ の場合を示したが

、さらに素子幅が狭くなり $0.05\mu m$ 程度になった場合のギャップ形成法を本発明の第4の実施形態として説明する。図8は、本発明の第4の実施形態の製造工程を示す図である。

#### 【0041】

まず図8(a)に示すように、素子幅 $x$ が $0.05\mu m$ 程度に小さくなってくると、ギャップを形成する位置のアライメントが困難になってくる。その場合、下の素子・電極スタックに以下の方法でアライメントする。図8(a)に示すように、電極膜2、CPP-MR膜4、電極膜8からなる磁気抵抗効果素子上に例えばSiからなるギャップ材の膜21を、幅 $x=0.05\mu m$ で形成する。次に、膜21上にフォトレジストからなるレジストパターン22を形成し、このレジストパターン22をマスクに膜21、および磁気抵抗効果素子をバーニングする(図8(a)参照)。バーニングしレジストパターン22を除去した後の断面を図8(b)に示す。

#### 【0042】

続いて、図8(c)に示すように、基板垂直方向から70度の角度でRIBE(Reactive Ion Beam Etching)装置を用いてフレオン系ガスにてエッティングを行う。両側から膜21からなるギャップ形成部21aが所定の幅になるようにエッティングを行う(図8(c)参照)。

#### 【0043】

次に、ギャップ形成部21aの幅が所定の幅となるようにエッティングした後、図8(d)に示すように、磁気抵抗効果素子およびギャップ形成部21aを覆うように絶縁膜23を形成し、この絶縁膜23を覆うように磁気ヨーク膜12を形成する。続いて、図8(e)に示すように、磁気ヨーク膜12をCMPなどで平坦化を行い、ギャップ形成部21aを媒体走行面に出す。この場合、ギャップ形成部21aの厚さと絶縁膜23の膜厚との和がギャップ長となる(図8(e)参照)。

#### 【0044】

この第4の実施形態の製造方法も第2の実施形態の製造方法と同様に歩留まりの低下およびバルクハウゼンノイズの発生を可及的に防止することができる。

## 【0045】

## (第5の実施形態)

次に、本発明の第5の実施形態の製造方法を図9乃至図22を参照して説明する。上述の第2乃至第4の実施形態の製造方法は磁気抵抗効果素子を形成した後に磁気ヨークを形成したが、この実施形態の製造方法は、磁気ヨークを形成した後に磁気抵抗効果素子を形成する製造方法である。

## 【0046】

まず、図9に示すように例えばSiからなる基板30にDLC(Diamond Like Carbon)膜31を2nm形成する。このDLC膜31はSi基板30の表面なのでSiからなる下地膜を必要としないため薄くできる。DLC膜31の成膜はFCVA(Filtered Cathodic Vacuum Arc)法を採用した。基板30の表面は凹凸が基本的には存在しないため回り込みをDLC膜31に要求しない。そのため、FCVAのような高真空中で形成する方法に有利である。もちろん、CVD法やスパッタ法で形成してもかまわない。次に、図9に示すように、例えばSi<sub>0</sub>xからなる絶縁膜32を100nm成膜し、さらにトラック幅を規定するためのエッチング工程を施して絶縁膜32にトレチを形成し、このトレチでトラック幅を規定する。このトレチの角度を制御することで磁気ヨークの磁区構造を制御することができる。角度としては45-60度が望ましい。また、トレチ表面の粗さは5nm程度に抑制されていることが望ましい。そうすることで表面あれに起因した磁区発生を防ぐことができる。また、Si<sub>0</sub>xの代わりにPtMnやシンセティックフェリ層を適用することで磁気ヨークへのバイアス効果を期待することができる。次に図9に示すように、例えばCoZrNbからなる膜を下地膜として5nm、さらに例えばNiFeからなる膜を100nmを連続的に形成し、磁性ヨーク膜34とする。DLC膜31のような非晶質膜の上でNiFeのような結晶質膜の磁気特性を良好にするにはある下地膜が必要となるが、一般的に用いられるようなTaなど非磁性膜はそれ自体が磁気的スペーシングとなりスペーシングを広げてしまう。したがって、浮上量が20nmを切るような非磁性下地膜5nmのスペーシングが再生信号に影響を及ぼすような浮上量においては、CoZrNbのような磁性下地膜が有効である。もし非磁性膜を下地として適用した場合は、略膜厚の2倍分、磁気的なトラック幅は減少する。したがって、トレチ

幅はその分広くしておく必要がある。トレンチへの磁性膜の埋め込みは飛来する磁性粒子の指向性の高い方法、たとえばイオンビームスパッタリングやロングスロー、カソーディック・アーク法、または作動排気システムを用いたスパッタリングか、もしくはメッキ法が望ましい。シールド型ヘッドと異なり初期成長層がきわめて磁気ヨーク特性に寄与するため、下地膜および指向性の高い成膜方法が重要である。

## 【0047】

次に、図10に示すように、トレンチで生じた凹凸をターゲットにしてFIB (Focused Ion Beam) を用いて磁気ヨーク34に穴35を形成する。この穴35の基板表面の部分35aは磁気ギャップ長となり、その上の広がった部分35bはバックギャップとなる。この磁気ギャップ35aとバックギャップ35bは角がなく連続的に接続されることが磁区抑制の観点からは望ましい。図11に示すように、バックギャップ35b磁気ギャップ35aの接続領域にたとえばCoZrNbなどの磁性体34bを挟み込んでバックギャップ35bのFIB加工のエンドポイントモニターにしても良い。なお、図11において、符号34aおよび34cは例えばNiFeからなる膜を示しており、この場合、膜34a、膜34b、膜34cから磁気ヨーク膜34が構成される。

## 【0048】

次に、図12に示すように、FIBで形成されたバックギャップ35bおよび磁気ギャップ35aに例えばCuからなる非磁性体を埋め込む。この場合、さきのヨーク磁性材料の埋めこみ成膜同様にイオンビームスパッタ等の指向性の良好な成膜方法もしくはメッキ法が望ましい。

## 【0049】

次に、図13に示すように、埋め込まれた面をCMPなどの技術で平坦化を行う。この場合、図14に示すように、平坦化のエンドポイントモニタリング用として、その深さにあらかじめCoZrNbなどの磁性膜34bをヨーク膜成膜時に挟み込んでいても良い。この磁性膜34bをCMP時の研磨廃液からモニタリングすることができる。なお、図13に示す工程でCMPをおこなうと、Cuからなる非磁性体36aと、NiFeからなる磁気ヨーク膜34とには図15に示すようにディッシュ

グによる段差が発生する。本実施形態においては、約30nm程度の段差をディッシングにより発生させる。

#### 【0050】

次に、図16に示すように、磁気ヨーク34および非磁性体36a上にCPP-MR膜38を成膜し、このCPP-MR膜38上に段差転写を目的とした例えばSi0xからなる膜40を成膜する。さらに膜40上に低分子ポリマー42を塗布して表面を平坦にする。このポリマー42をRIEなどを用いてエッチバックを行い図16に示すようにポリマー42をディッシング穴のみに残す（図16参照）。このポリマー42をマスクにしてRIEを行い、さらにイオンミリングをかけて、穴のみにCPP-GMRをパターニングする。このようにすることでバックギャップ35b部分にのみ自己整合でCPP-GMRを残すことが可能になる。したがって、バックギャップ35bおよび磁気ギャップ35aとCPP-GMR膜38とのアライメント誤差やパターニングサイズ誤差を考慮しないですむ設計となる。

#### 【0051】

次に、図17に示すように、全面に例えばアルミナ( $Al_2O_3$ )からなる絶縁膜44を30nm形成する。その後、図18に示すように、レジスト42上の絶縁膜44をリフトオフもしくはポリシングを用いて除去する。

#### 【0052】

最後に、図19に示すように、全面に電極膜46を形成してウエハー工程を完了する。電極膜46を形成する前にCPP-MR膜38のキャップ層（最上層）の酸化層を取るためのエッチング工程に留意する必要がある。CPP-MR膜38の素子サイズは約 $0.1\mu m$ 程度と極めて小さいため、その部分の残留酸化層がコンタクト抵抗に及ぼす影響は極めて大きい。したがって、電極膜46を形成する前にスパッタエッチングやイオンビームエッチングを十分行えるだけのキャップ層の膜厚設計やアルミナ保護膜44の膜厚設計が必要となる。また、エッチング照射によるCPP-MR膜38へのダメージを防ぐためキャップ層厚を大きくとった場合、垂直通電によるセンス電流磁界によりヨークがバイアスを強く受けてしまう。したがって、キャップ層を厚くするのは望ましくない。そのため、酸化層が基本的にできないAuやPtなどの材料でキャップ層を形成しておくか、もしくはTaとAuやPtなど

・を積層して形成しておくことが望ましい。

#### 【0053】

次に、ウエハー工程で使用したSi基板30を、裏面研削およびウエットエッチングやCF4系のガスによるトーチにより剥離する（図20参照）。このとき、ウエハー表面をサポート基板で固定することにより、その後の取り扱いによるサンプル損傷を防ぎやすくなる。また、CF4系ガストーチによる基板剥離は、ヨーク材料やギャップ充填材を基本的にエッティングしないため、ウエットエッティングに比べて信頼性に優れる方法である。その場合、DLC膜31は最初にコーティングしておく必要はない。

#### 【0054】

次に、図21に示すように、DLC膜31がコーティングされた媒体走行面に突起状に出ているギャップ材36aをCMPなどの平坦化方法でとる。前述したように最初の時点で形成していたDLC膜31をこの平坦化工程後に形成しても良い。そうすることでより厳密なヘッド保護膜厚の制御ができる。

#### 【0055】

このようにして、サンプルを作成した結果、図22に示すように、電極46から、CPP-MR膜38を流れ、電極を兼ねている磁気ヨーク膜34に流れていくセンス電流は、CPP-MR膜38での垂直方向センス電流中心は近接ヨーク位置L1とL2から等距離にある。その結果、垂直通電センス電流による電流磁界は両側に同じように印加される。

#### 【0056】

この第5の実施形態の製造方法も、歩留まりの低下およびバルクハウゼンノイズの発生を可及的に防止することができる。

#### 【0057】

##### （第6の実施形態）

次に、本発明の第6の実施の形態を図24および図25を参照して説明する。この実施の形態は、磁気ディスク装置であって、この磁気ディスク装置の概略構成を図24に示す。すなわち、本実施の形態の磁気ディスク装置150は、ロータリーアクチュエータを用いた形式の装置である。図24において、磁気ディス

・ク200は、スピンドル152に装着され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号に応答する図示しないモータにより矢印Aの方向に回転する。磁気ディスク200は、磁気ディスク200に格納する情報の記録再生を行うヘッドスライダ153は、薄膜状のサスペンション154の先端に取り付けられている。ここで、ヘッドスライダ153は、例えば、前述したいずれかの実施形態にかかる磁気ヘッドをその先端付近に搭載している。

#### 【0058】

磁気ディスク200が回転すると、ヘッドスライダ153の媒体対向面（A B S）は磁気ディスク200の表面から所定の浮上量をもって保持される。

#### 【0059】

サスペンション154は、図示しない駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム155の一端に接続されている。アクチュエータアーム155の他端には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ156が設けられている。ボイスコイルモータ156は、アクチュエータアーム155のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、このコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成される。

#### 【0060】

アクチュエータアーム155は、固定軸157の上下2箇所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ156により回転摺動が自在にできるようになっている。

#### 【0061】

図25は、アクチュエータアーム155から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。すなわち、磁気ヘッドアッセンブリ160は、例えば駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム151を有し、アクチュエータアーム155の一端にはサスペンション154が接続されている。

#### 【0062】

サスペンション154の先端には、上記実施形態のいずれかで説明した磁気ヘ

ヘッドを具備するヘッドスライダ153が取り付けられている。なお、再生ヘッドと記録用ヘッドを組み合わせても良い。サスペンション154は信号の書き込みおよび読み取り用のリード線164を有し、このリード線164とヘッドスライダ153に組み込まれた磁気ヘッドの各電極とが電気的に接続されている。図25の符号165は磁気ヘッドアッセンブリ160の電極パッドである。

#### 【0063】

ここで、ヘッドスライダ153の媒体対向面（A B S）と磁気ディスク200の表面との間には、所定の浮上量が設定されている。

#### 【0064】

なお、磁気ディスク装置に関しても、再生のみを実施するものでも、記録・再生を実施するものあっても良く、また、媒体は、ハードディスクには限定されず、その他、フレキシブルディスクや磁気カードなどのあらゆる磁気記録媒体を用いることが可能である。さらに、磁気記録媒体を装置から取り外し可能にした、いわゆる「リムーバブル」の形式の装置であっても良い。

#### 【0065】

##### 【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、歩留まりの低下およびバルクハウゼンノイズの発生を可及的に防止することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

###### 【図1】

本発明の第1の実施形態の構成を示す断面図。

###### 【図2】

本発明の第2の実施形態の構成を示す製造工程図。

###### 【図3】

本発明の第2の実施形態の構成を示す製造工程図。

###### 【図4】

本発明の第2の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

###### 【図5】

本発明の第2の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図6】

本発明の第2の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図7】

本発明の第3の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図8】

本発明の第4の実施形態の構成を示す製造工程図。

【図9】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図10】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図11】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図12】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図13】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図14】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図15】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図16】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図17】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図18】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図19】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図20】

- ・本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図21】

本発明の第5の実施形態の構成を示す製造工程断面図。

【図22】

本発明の第5の実施形態によって製造されたヨーク型磁気ヘッドの効果を説明する断面図。

【図23】

第1の実施形態のヨーク型磁気ヘッドの効果の一例を説明する図。

【図24】

本発明による磁気ディスク装置の概略構成を示す要部斜視図。

【図25】

アクチュエータアームから先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図。

【図26】

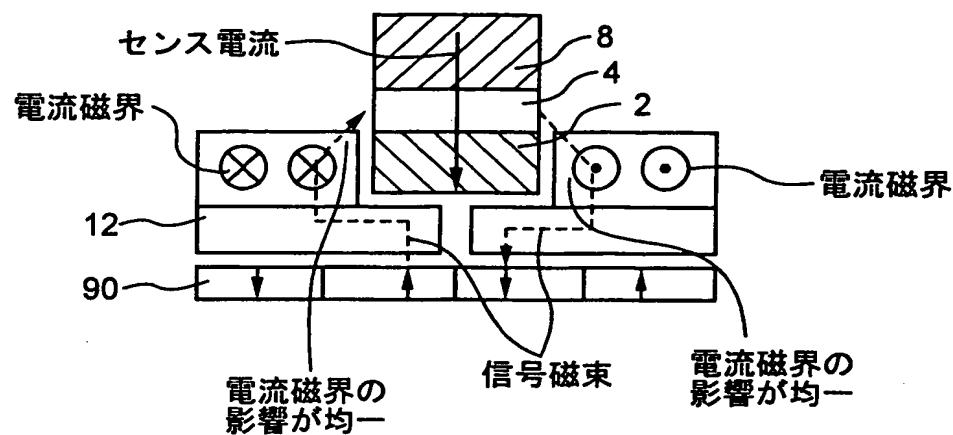
従来のヨーク型磁気ヘッドの問題点を説明する図。

【符号の説明】

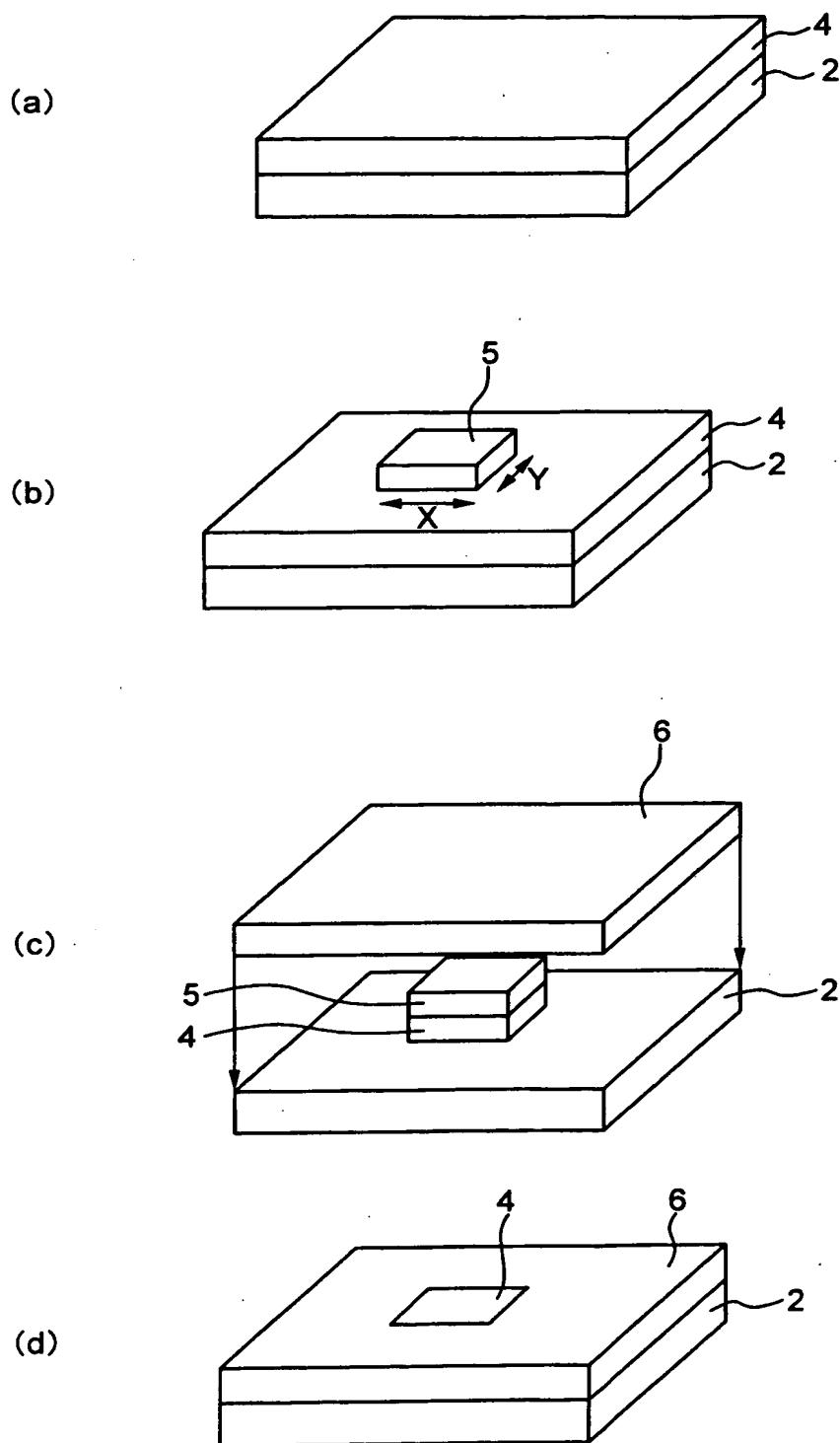
- 2 電極膜
- 4 磁気抵抗効果膜
- 6 絶縁膜
- 8 電極膜
- 9 レジストパターン
- 10 ギャップ膜
- 12 磁気ヨーク（磁性膜）
- 14 磁気ギャップ
- 16 ギャップ充填材

【書類名】 図面

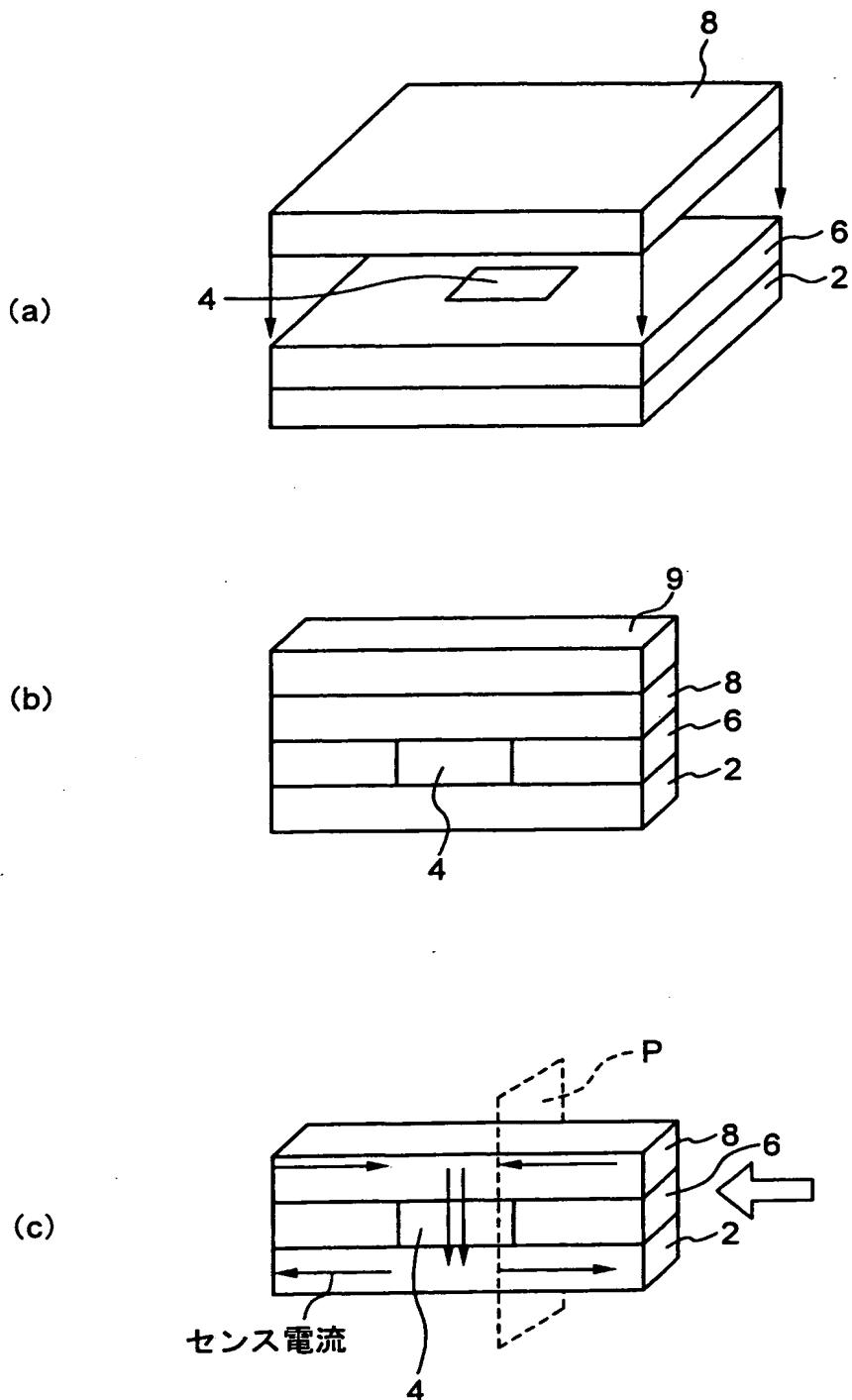
【図1】



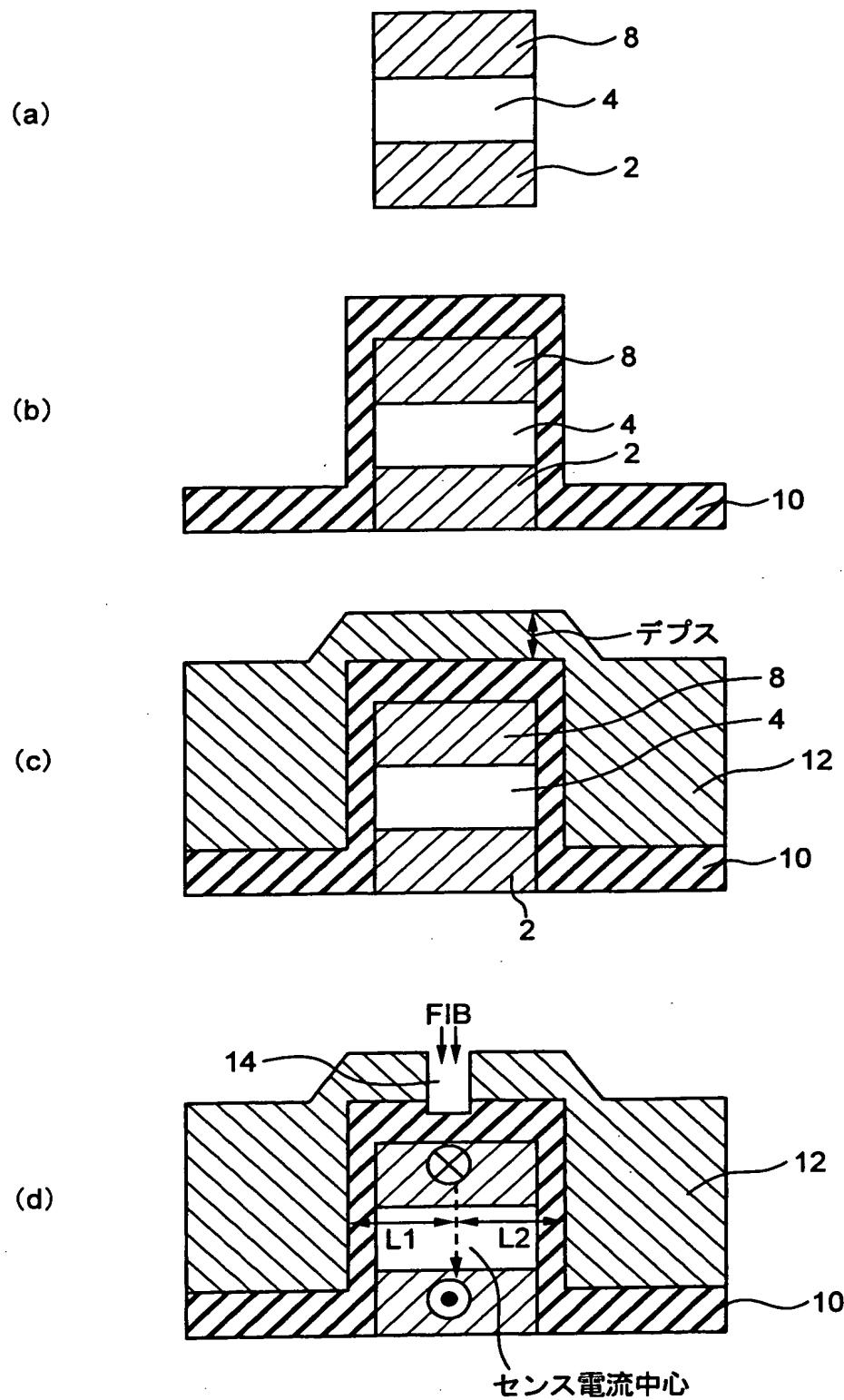
【図2】



【図3】

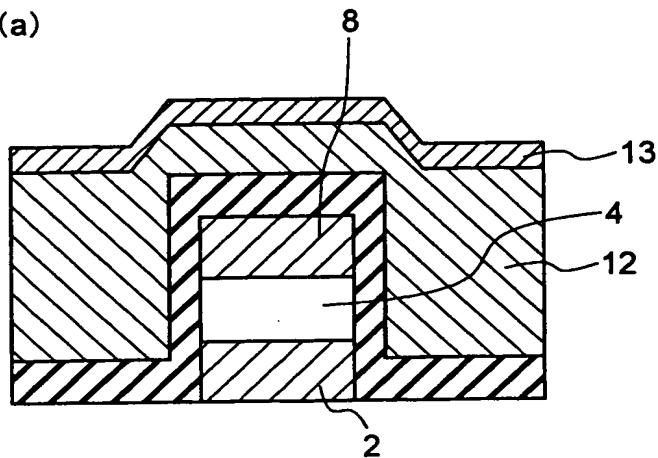


【図4】

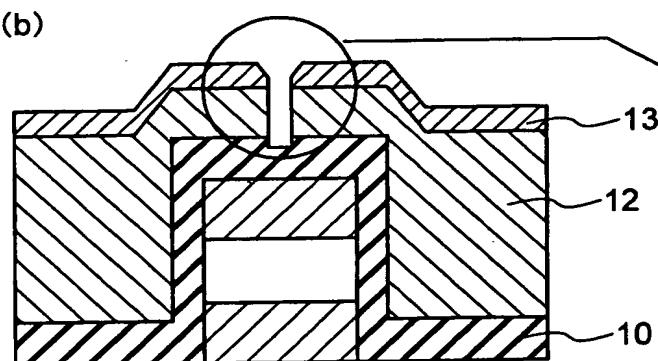


【図5】

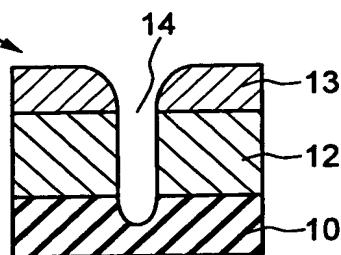
(a)



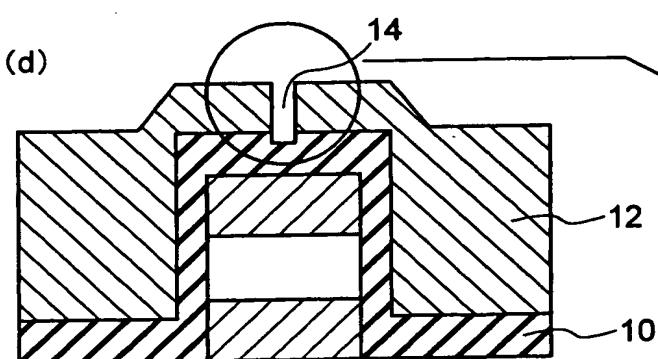
(b)



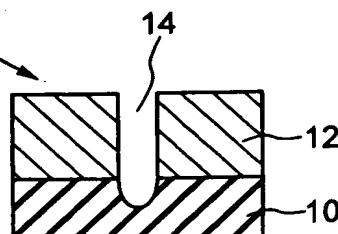
(c)



(d)

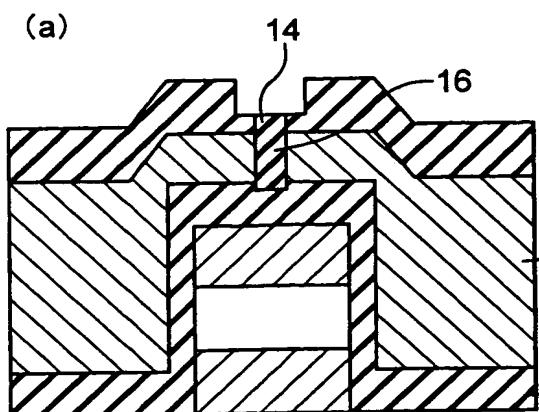


(e)

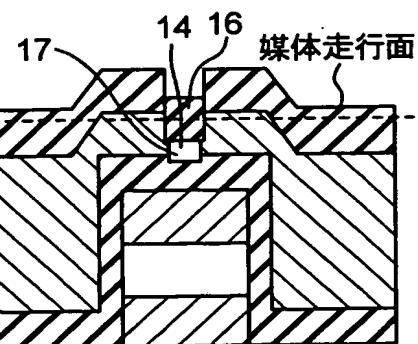


【図6】

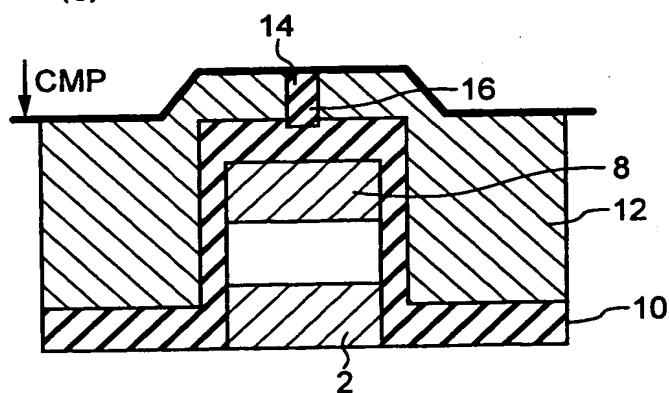
(a)



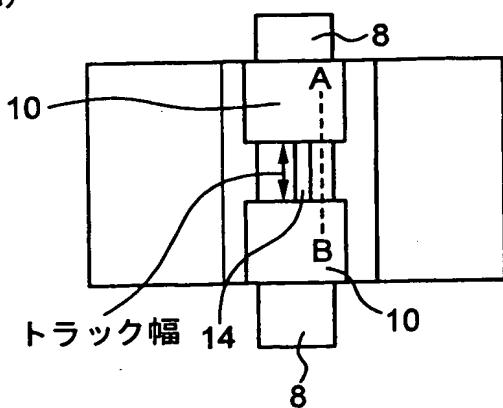
(b)



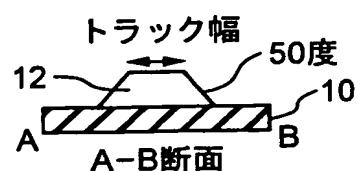
(c)



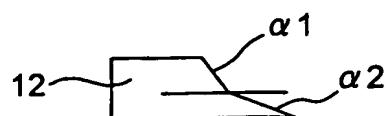
(d)



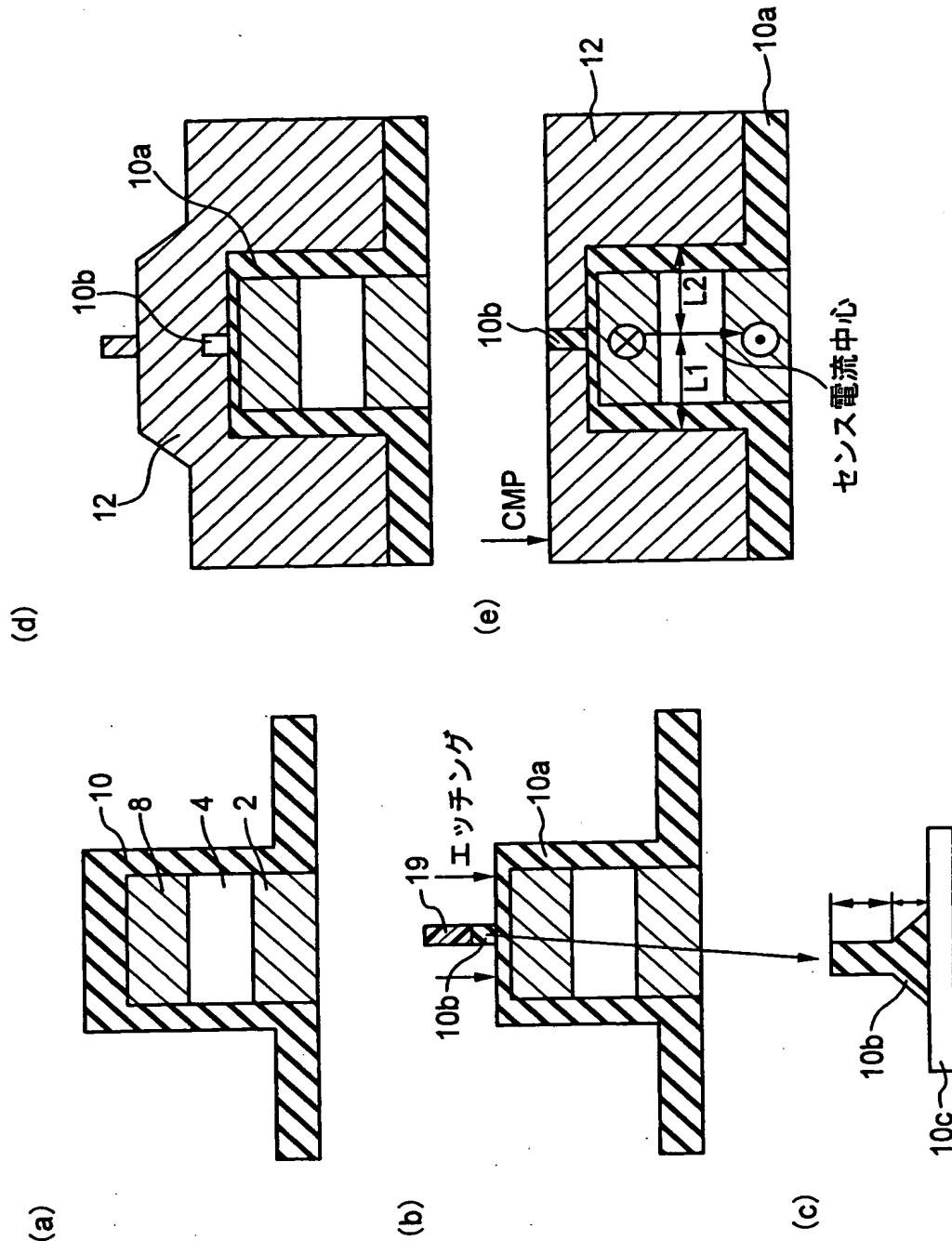
(e)



(f)

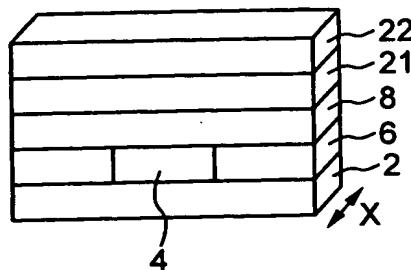


【図7】

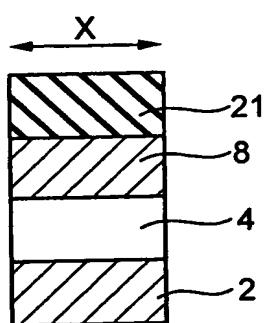


【図8】

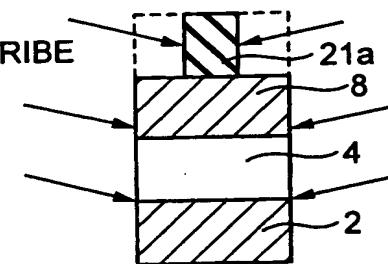
(a)



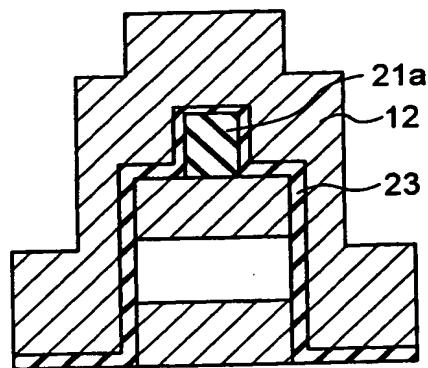
(b)



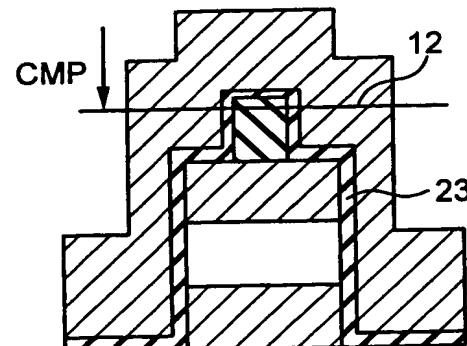
(c)



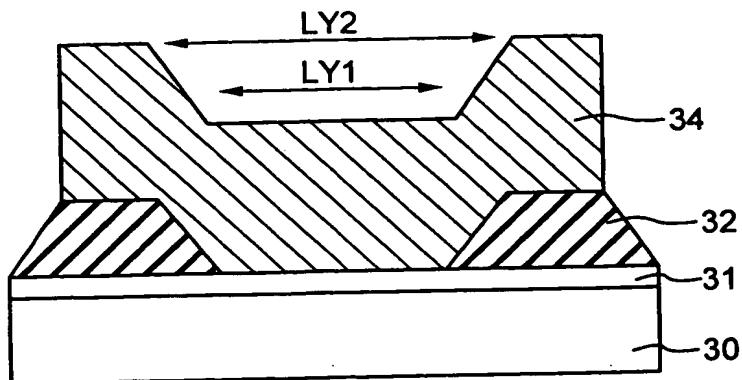
(d)



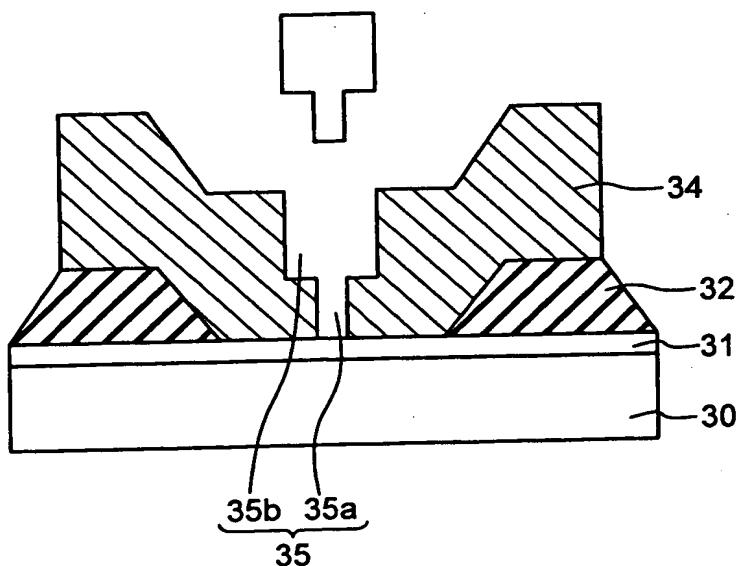
(e)



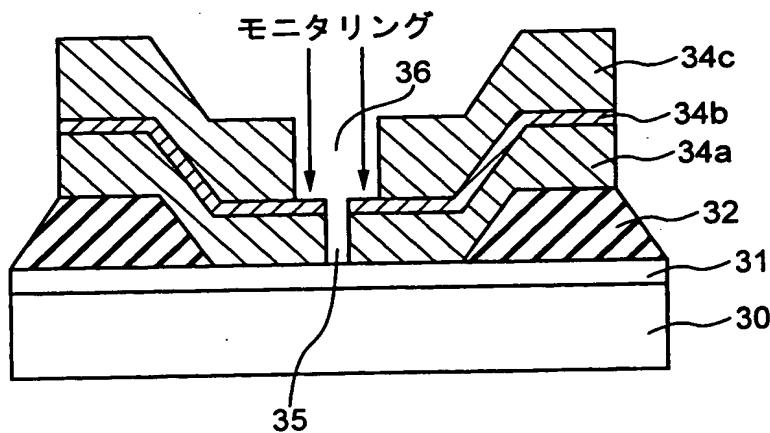
【図9】



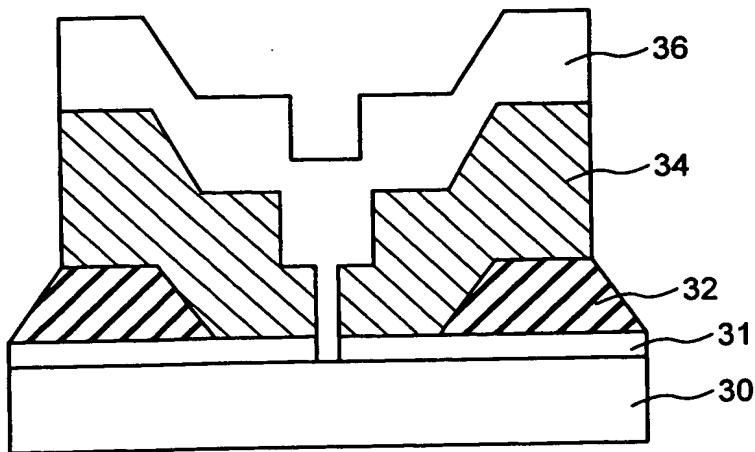
【図10】



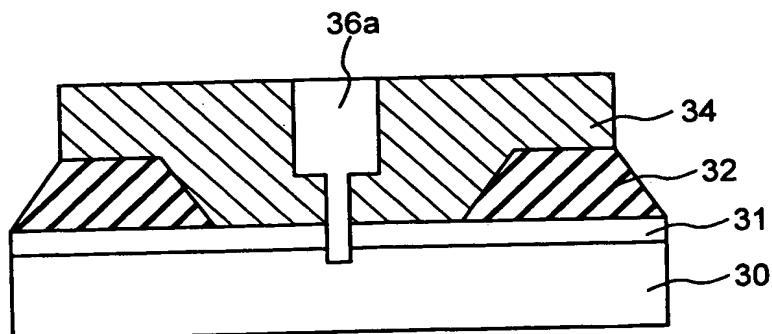
【図11】



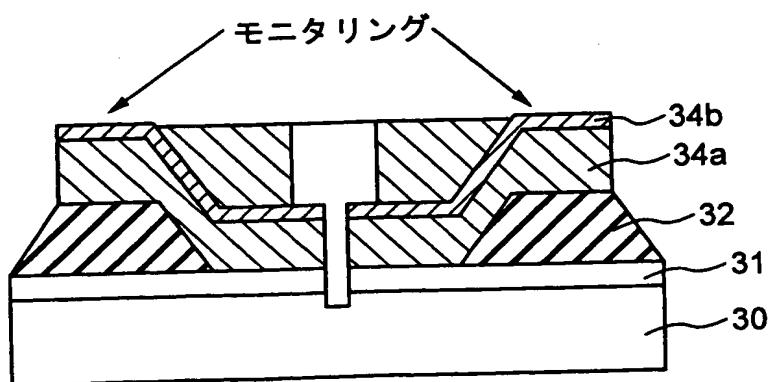
【図12】



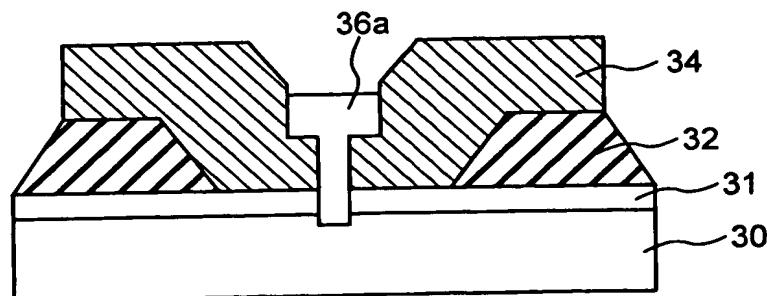
【図13】



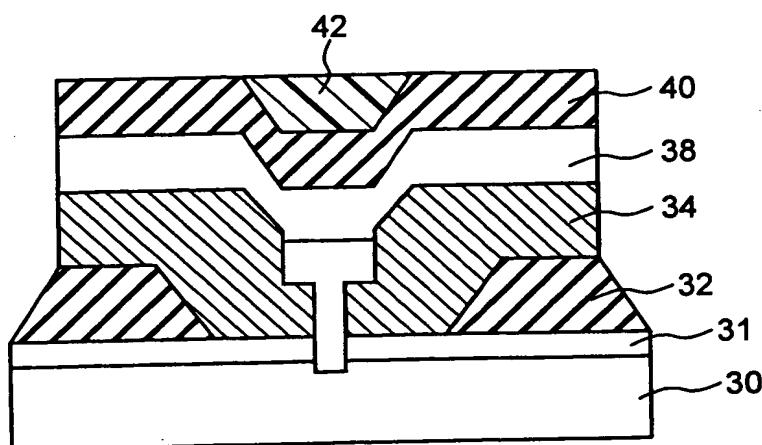
【図14】



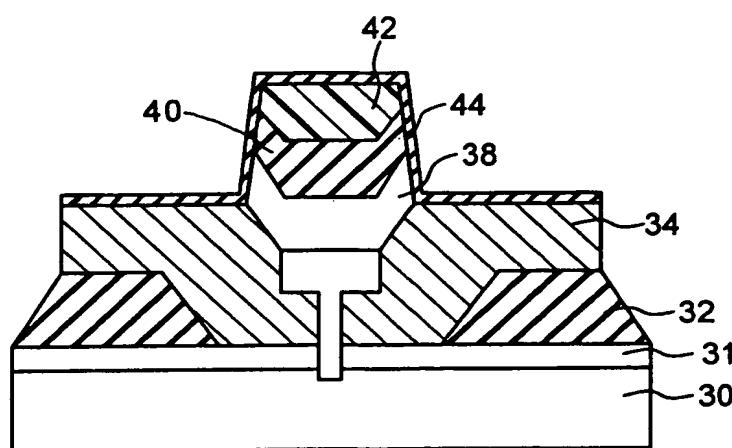
【図15】



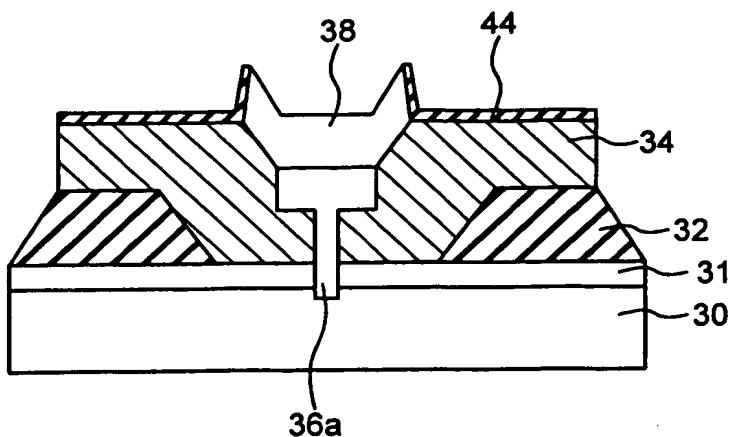
【図16】



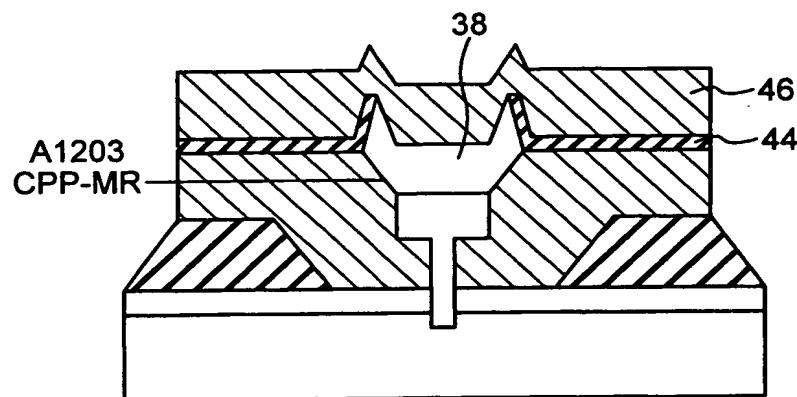
【図17】



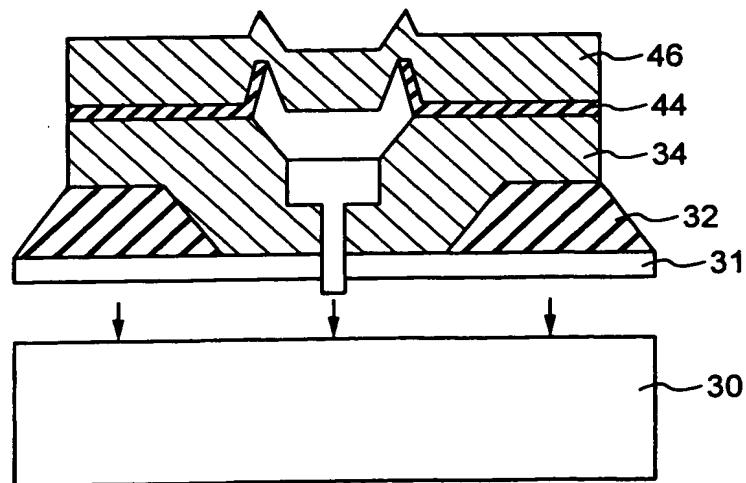
【図18】



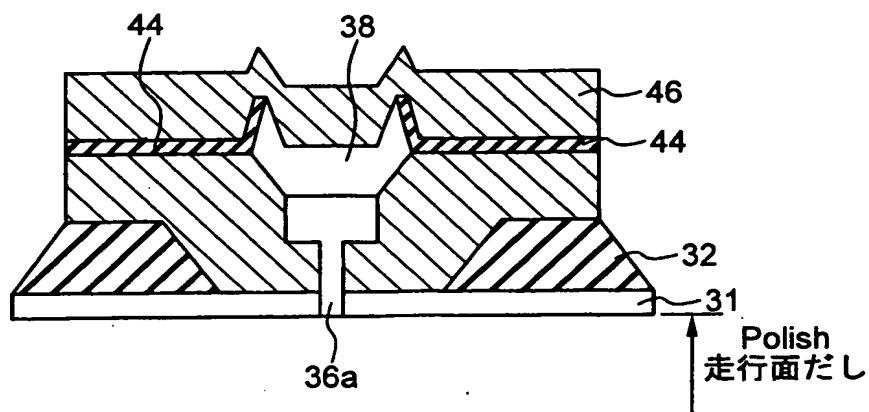
【図19】



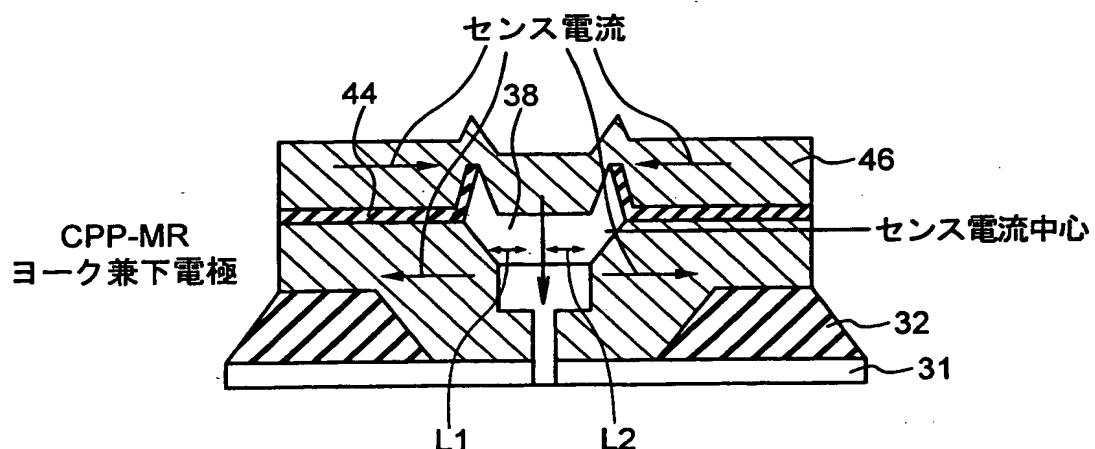
【図20】



【図21】

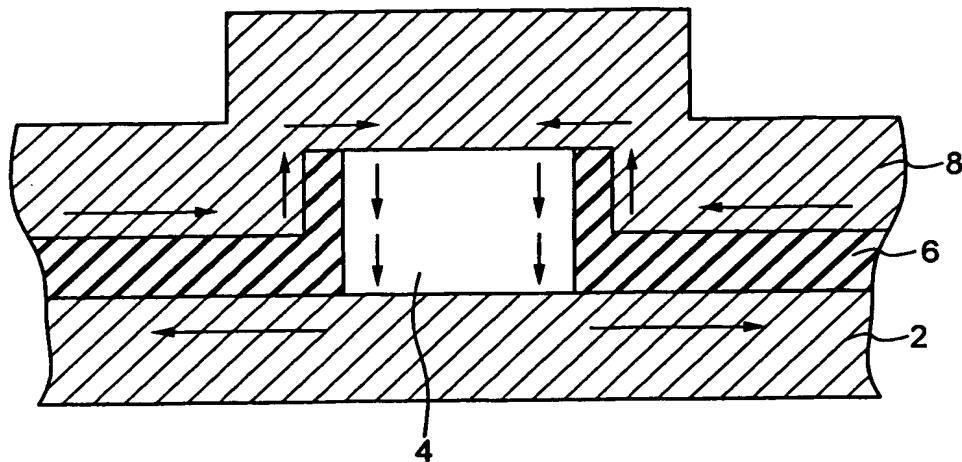


【図22】

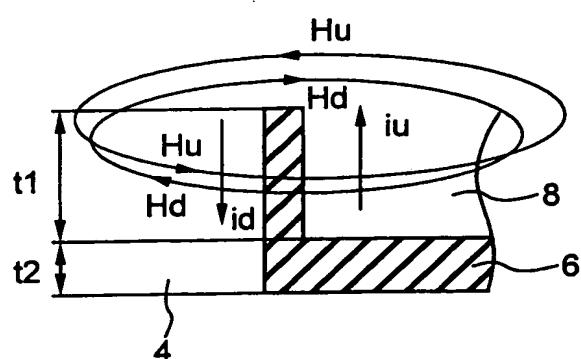


【図23】

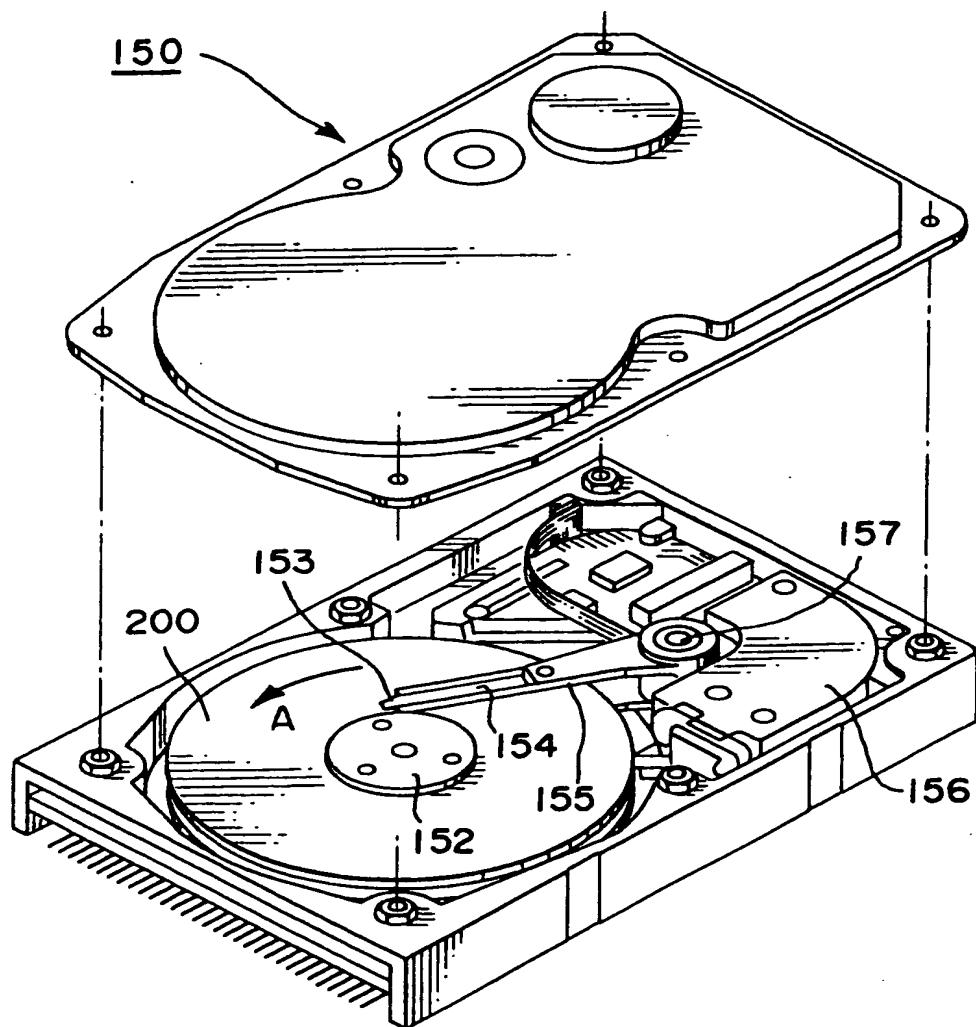
(a)



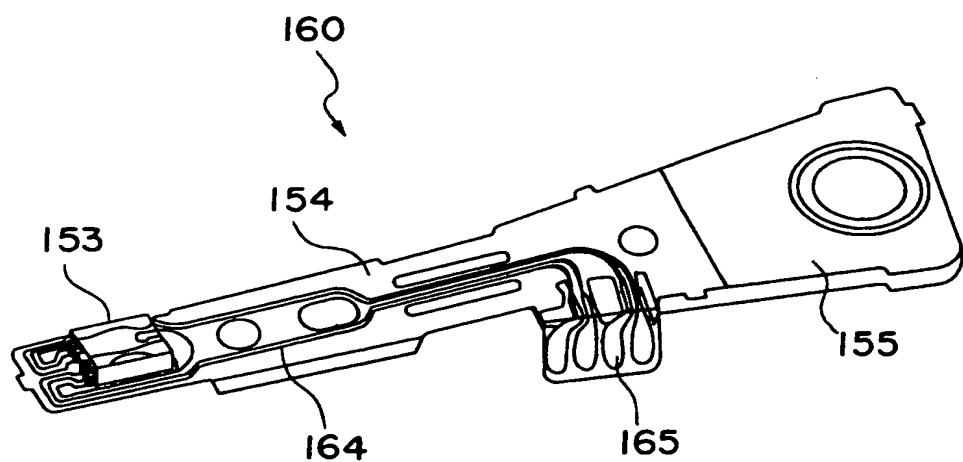
(b)



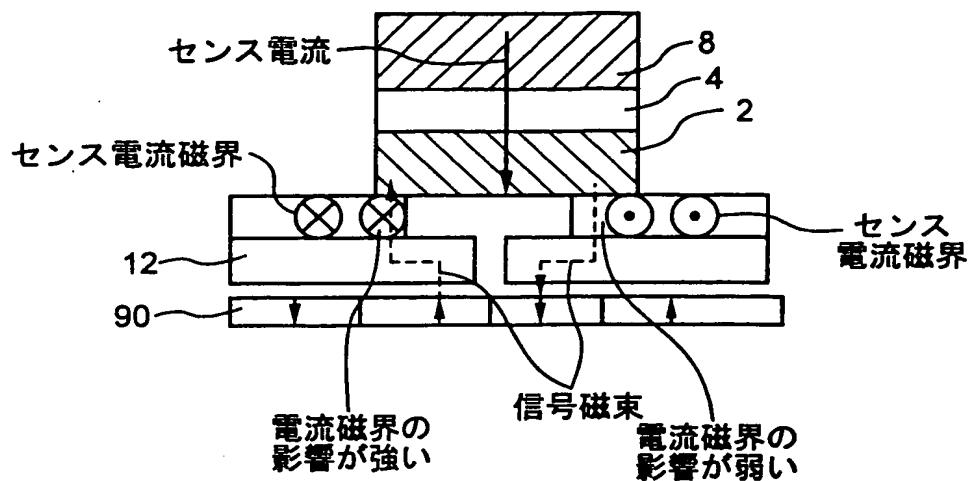
【図24】



【図25】



【図26】



・【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 歩留まりの低下およびバルクハウゼンノイズの発生を可及的に防止することを可能にする。

【解決手段】 膜面内に磁化を有する感磁層を備え、膜面に対して垂直方向にセンス電流を流す面内垂直通電型の磁気抵抗効果膜4を形成し、素子形状にパターニングする工程と、素子形状にパターニングされた磁気抵抗効果膜4を覆う磁気ヨーク12を形成する工程と、を備えたことを特徴とする。

【選択図】 図4